

# Adaptation for gravitational environment and morphostructural constraints.

著者	岡嶌 亮子
号	8
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	生博第202号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/60054">http://hdl.handle.net/10097/60054</a>

おかじま りょうこ

氏名（本籍地）	岡  嶌  亮  子
学  位  の  種  類	博士（生命科学）
学  位  記  番  号	生博第 202 号
学位授与年月日	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研  究  科， 専  攻	東北大学大学院生命科学研究科 （博士課程）生態システム生命科学専攻
論  文  題  目	Adaptation for gravitational environment and morphostructural constraints.（重力環境への適応と構 造的制約）
博士論文審査委員	（主査） 准教授 千葉  聡 教  授  河田  雅圭 准教授 酒井  聡樹 教  授  占部城太郎

How does life adapt to gravitational environment? The present study addresses this issue by focusing on (1) body size of insects, (2) spire index (shell height/shell width) of terrestrial gastropods and (3) shell outline (conicality) of terrestrial gastropods as model systems.

### **(1) The maximum body size of insects**

The maximum body size of living insects is limited, despite their morphological diversity and the presence of Palaeozoic gigantism. The aim of this study is to clarify how gravity and atmospheric oxygen partial pressure influence on the maximum body size of insects. For this analysis, we set up and quantitatively verify the following working hypothesis: insect body sizes can be explained only by the historical changes in the oxygen supply. The present study focuses on the body size of the Protodonata and Odonata. The amount of oxygen needed and that of oxygen entering the insect body was calculated using allometric equations. The theoretical maximum sizes at each geologic time were estimated from palaeo-atmospheric oxygen partial pressure and compared with the maximum size of known fossilized insects.

The historical change in fossilized insect sizes was much larger than that in theoretical sizes. Additionally, from the Jurassic, despite an increase in the partial pressure of oxygen, which would theoretically increase maximum size, the maximum size of fossilized insects became smaller.

These findings are inconsistent with the expectations of the working hypothesis. Oxygen supply is likely to partially limit the maximum size of insects with additional factors.

### **(2) Spire index of terrestrial gastropods**

Shell shape of terrestrial gastropod is one excellent model system to investigate how terrestrial animals adapt to gravitational environments. It is good to compare with shell shape of related species living in the water. Shell shapes of terrestrial gastropods, which exhibit a bimodal distribution whereby species possess either a tall shell or a flat shell. Here we propose a simple model to test the hypothesis that the bimodal distribution relates to the optimum shape for shell balance on the substrates. This model calculates the theoretical shell balance by moment and obtains empirical distribution of shell shape by compiling published data and performing a new analysis.

The solution of the model supports one part of the hypothesis, showing that a low-spined shell is the best balanced and is better suited for locomotion on horizontal surface. Additionally, the model shows that both high- and low-spined shells are well balanced and suited on vertical surfaces. The shell with a spire index (shell height divided by diameter) of 1.4 is the least well balanced as a whole. Thus, spire index is expected to show a bimodal distribution with a valley at 1.4.

This expectation was supported by empirical distribution of a spire index, suggesting that the bimodality of shell shape in terrestrial gastropods is related to shell balance.

### **(3) Outline of terrestrial gastropod shells**

How do several characters adapt to gravitational environment while mutually influencing on each other? Since outline (conicality) and spire index are made at the same time in shell growth, outline is not the independent character of spire index. To understand integrated effect of spire index and spire outline on shell balance, we draw a theoretical shell shape and estimate the relationship between spire index and outline.

As a basic relationship of isometrically growing shell, high-spined shell tends to have a conical shape and low-spined shell tends to have a cylindrical shape. Next, we estimate shell shape that is the most suitable to carry for snail under gravity. Based on a physical model, the lowest and highest shells are the best balanced. In addition, a cone shape is the best-balanced for a low-spined shell and a column shape is the best-balanced for a high-spined shell. Empirically, shell with higher spire tends to be more cylindrical than that with lower spire except for shells with extremely high and low spire.

This suggests that shape of the best-balanced shells with the lowest and highest spire is constrained by coiling geometry, but shape of less-balanced shell with rather intermediate height of spire does not follow coiling geometry as a result of adaptation to carry shell effectively.

## 論文審査結果の要旨

本博士論文は、昆虫と巻貝をモデル系として、陸上環境の元、どのようなサイズや形態の分布に適応によるパターンが生じるかを理論的に解明したものである。まず地質時代の昆虫の体サイズを過去の大気条件から推定し、実際の化石記録の体サイズデータと比較した。その結果、理論上、石炭紀の巨大昆虫に見られる体サイズは、中生代以降も存在可能であることが示された。このことから、従来の大気条件による説明ではこの昆虫の体サイズの歴史変化を説明できず、何らかの生物間相互作用などの影響を考える必要があることが示唆された。次に陸生巻貝の形状の分布にギャップが存在することを、貝殻を効率的に保持することへの適応により説明するモデルを構成した。モデルの解析の結果は、実際の貝の計測データに見られるパターンとよく一致し、貝殻の形態が重力への適応の結果、特定の形状に制約されていることが示された。さらに貝殻の巻きの幾何学に起因する形態上の制約が、重力への適応的な形態的性質にどのような影響を与えるかを同様なモデルと実際の貝の計測データを用いて解析した。その結果、重力の影響の低い形状においては、巻きの幾何学に強い制約を受けていることがわかった。以上のように本博士論文は、特に重力化で動物の形態の分布に明瞭なギャップが生じうること、幾何学的な制約と重力への適応の間にコンフリクトが生じることを示した初めての研究であり、その意義は非常に高い。本博士論文の内容は、すでに2編の海外一流誌に掲載されている。また残りの部分についても現在別の国際誌に投稿中であり、近いうちに公表出版される見込みである。このような点からも、本博士論文が非常にすぐれた内容であることが示されている。以上のことは、本論文を発表した岡嶋亮子が、自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、岡嶋亮子提出の論文は、博士（生命科学）の博士論文として合格と認める。